



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

# DAS ZENTRALE THEMA: SICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN

Die Suche nach einem Lager für hochradioaktive Abfälle  
In der Schweiz und in Deutschland

PD DR. WOLFRAM RÜHAAK

25.06.2022, Evangelische Akademie Loccum

# AGENDA

01

KURZE VORSTELLUNG METHODENENTWICKLUNG rvSU

02

GENERELLE BEDEUTUNG DER vSU IM RAHMEN DES  
STANDORTAUSWAHLVERFAHRENS

03

ENTWICKLUNGEN

04

UNGEWISSHEITEN

05

WEITERE ASPEKTE



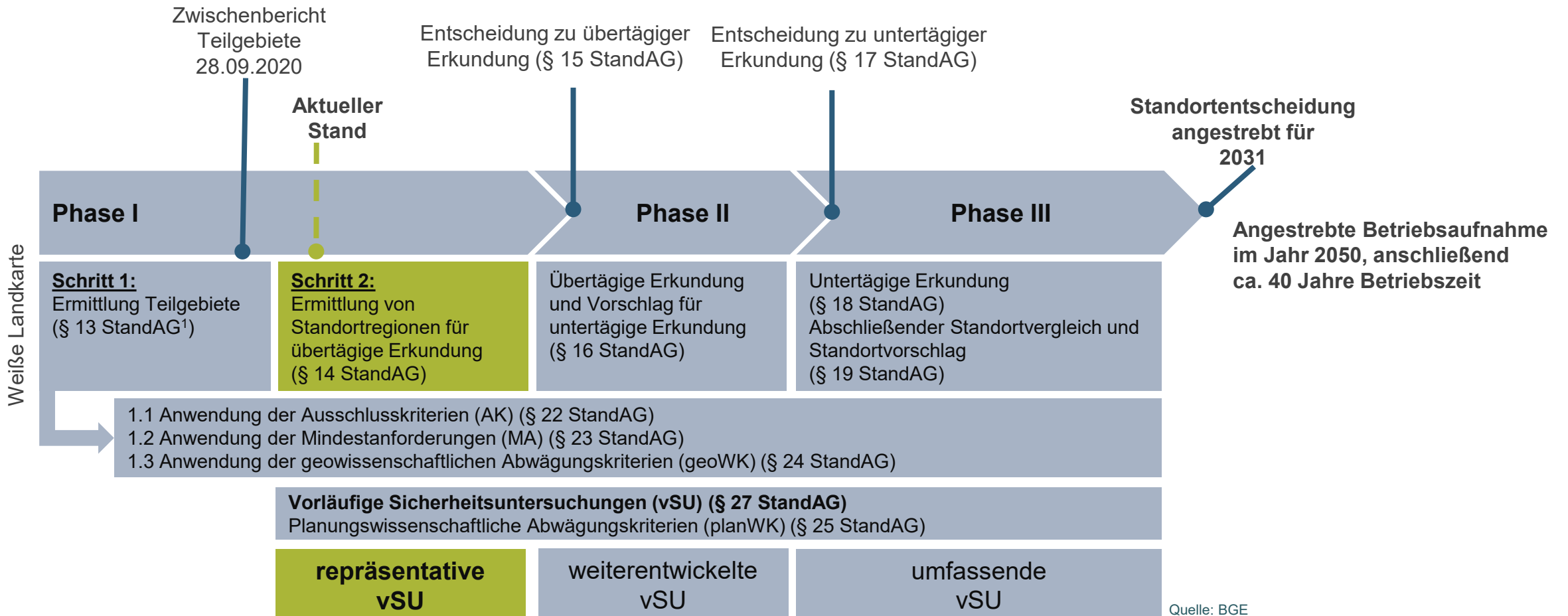


# METHODENENTWICKLUNG rvSU

# 01

# DIE REPRÄSENTATIVE vSU

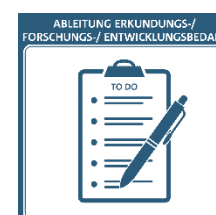
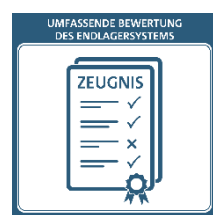
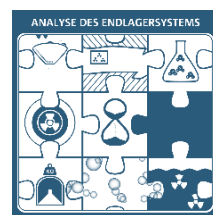
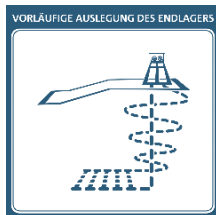
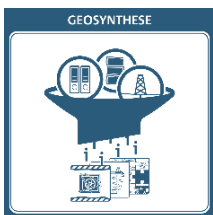
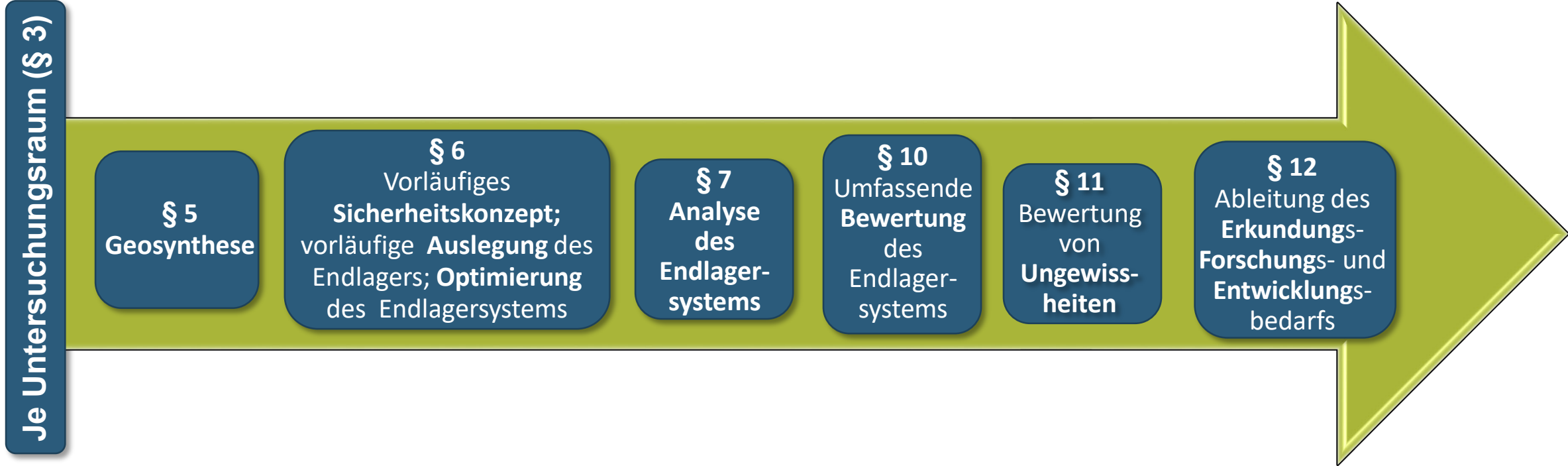
## Stand des Verfahrens



<sup>1</sup>StandAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2760) geändert worden ist

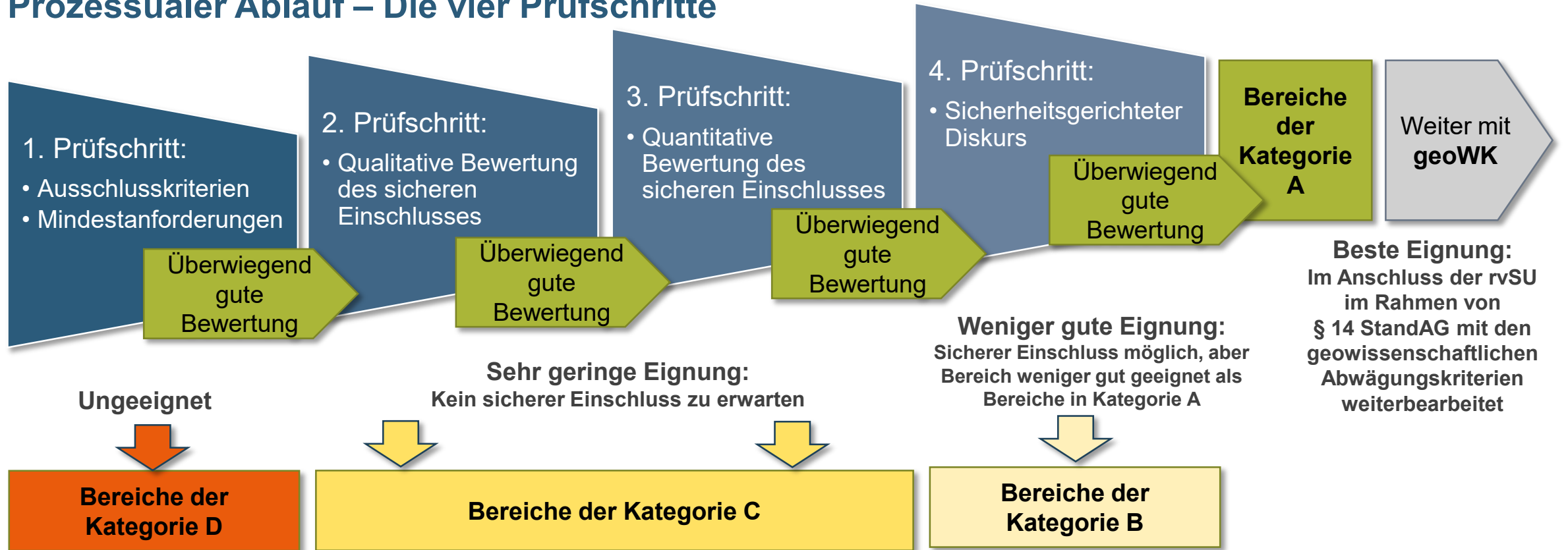
# DIE REPRÄSENTATIVE vSU

## Überblick der rvSU Bausteine



# DIE REPRÄSENTATIVE vSU

## Prozessualer Ablauf – Die vier Prüfschritte



Schrittweise **Fokussierung** auf aussichtsreiche Gebiete







# GENERELLE BEDEUTUNG DER vSU

# 02

# BEDEUTUNG DER VORLÄUFIGEN SICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN

## Im Rahmen des Standortauswahlverfahrens

- „Sicherheitsanalysen bilden meist die Basis und den Kern umfangreicher Sicherheitsberichte.
- International hat sich für derartige Berichte die Bezeichnung „Safety Case“ eingebürgert, (...).
- Der Safety Case entsteht durch die Zusammenführung der sicherheitsrelevanten Elemente und Argumente aus Standorterkundung, Forschung, Endlagerentwicklung und -auslegung, Sicherheitsanalyse, Managementaspekten u. v. m. und stellt ein strukturierendes und integrierendes Element hinsichtlich der Darlegung des Entwicklungsstands von Endlagerprojekten, der Ableitung von Sicherheits- und Vertrauensaussagen sowie von Schlussfolgerungen zum weiteren Vorgehen (Erkundung, Forschung, Entwicklung, Beginn der Errichtung, Betriebsbeginn) dar.
- Er bildet damit eine wesentliche Entscheidungsgrundlage in Genehmigungssituationen, vor politischen Entscheidungen oder intern zur Weiterentwicklung des Endlagerprogramms beim Betreiber/Antragsteller.“

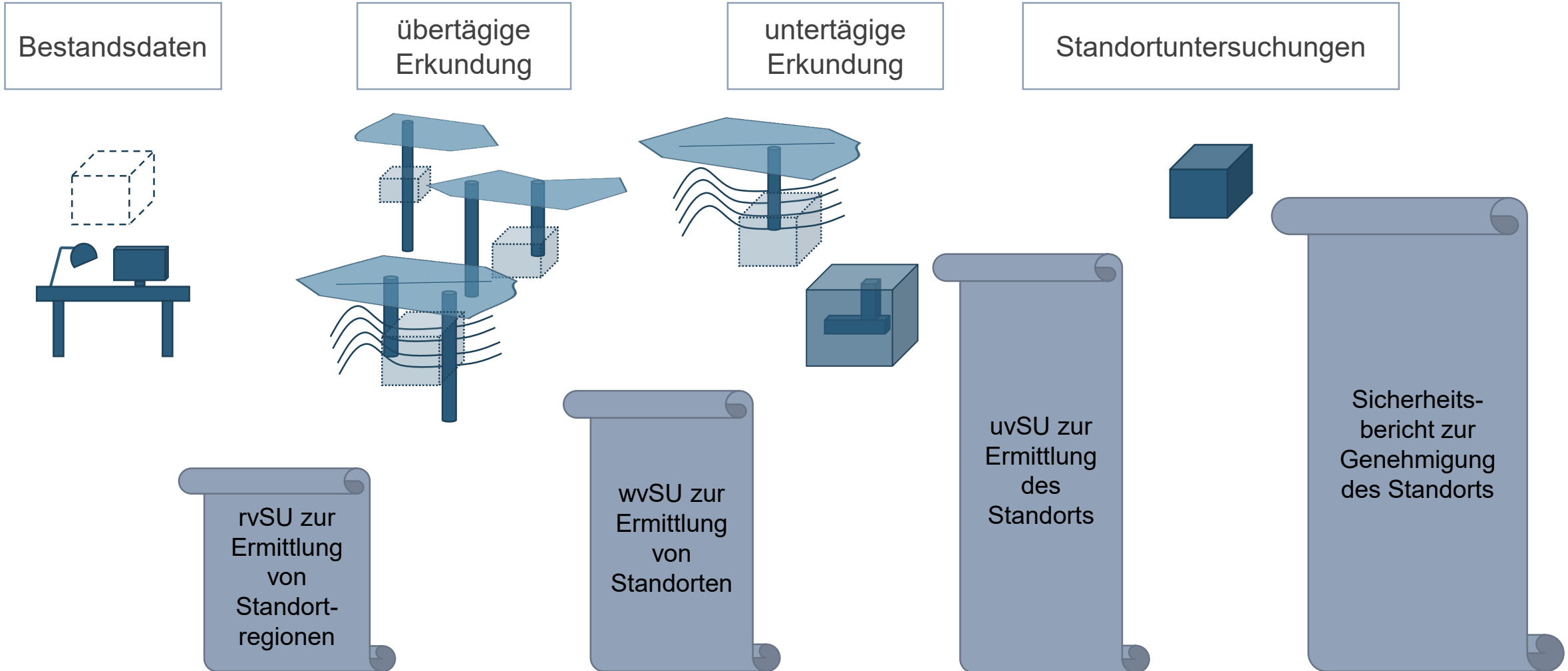
(Aus: K.-J. Röhlig: Safety Case, Sicherheitsanalyse und Szenarien - Aktuelle Entwicklungen zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern in tiefen geologischen Formationen. Glückauf 147 (4), 228)

→ Nachweis der Sicherheit im Genehmigungsverfahren

→ Vergleich von Standorten → multipler Safety Case



# LERNEN IM VERFAHREN



# SICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN

## Unterschiede zur Schweiz

- Drei Wirtsgesteine in Deutschland – nur eines in der Schweiz
- Endlagersystem Typ 2 (kein ewG) für Kristallin – wird in der Schweiz nicht verfolgt
- Geringere Abfallmenge in der Schweiz:
  - Bestrahlte Brennelemente (BE):
    - CH: ca. 12.000 BE
    - DE: ca. 34.000 BE (zuzüglich Forschungsabfälle)
  - Verglaste Abfälle:
    - CH: ca. 700 Kokillen
    - DE: ca. 3.900 Kokillen
  - Schwach- und mittelradioaktive Abfälle (SMA):
    - CH: ca. 83.000 m<sup>3</sup> (Kombilager)
    - DE: ca. 360.000 m<sup>3</sup> (separates Endlager)
- Dadurch ist auch der untertägige (und übertägige) Flächenbedarf entsprechend kleiner.



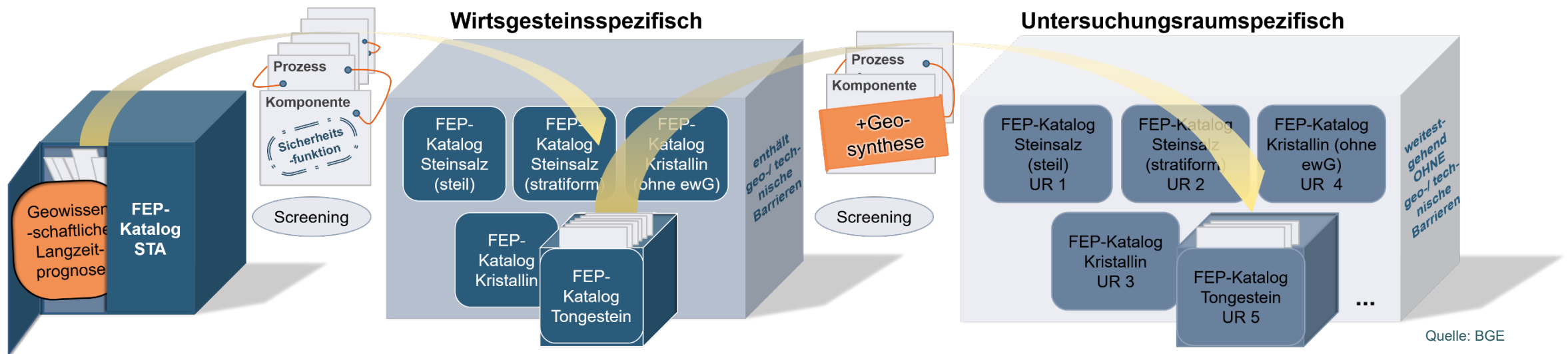
# ENTWICKLUNGEN

# 03

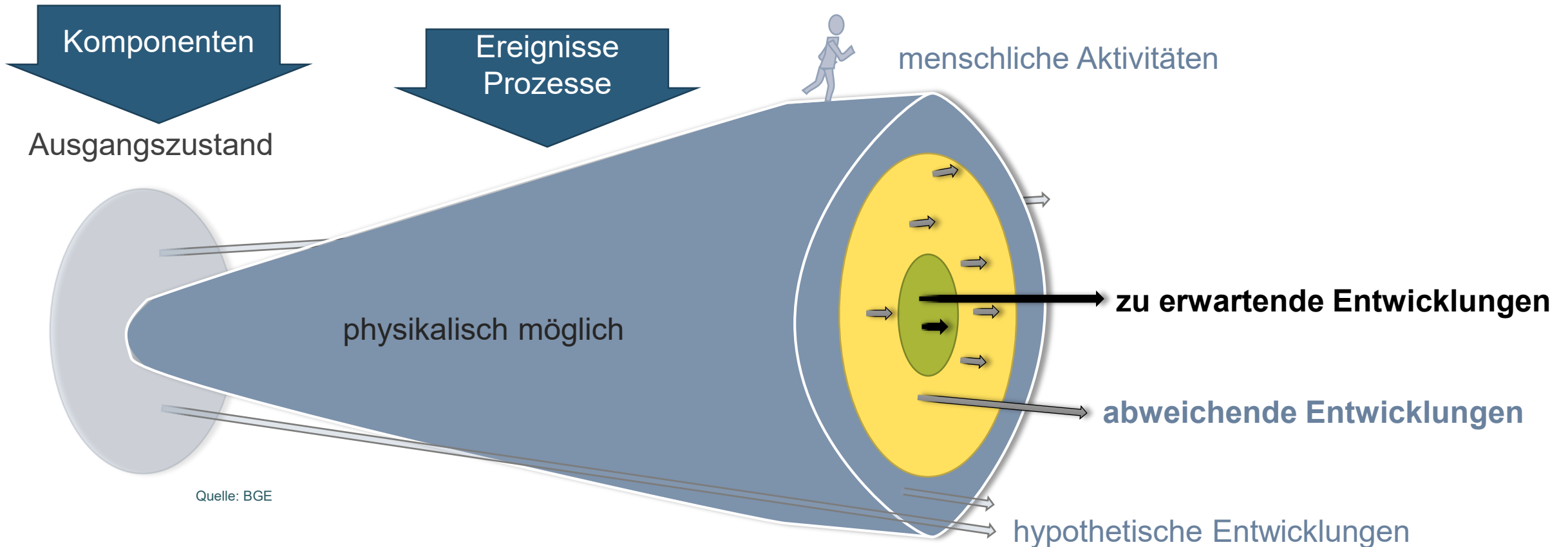


# STRUKTURIERTE SYSTEMBESCHREIBUNG

## Features, Events and Processes – Komponenten, Ereignisse und Prozesse



# UNGEWISSHEITEN DER ENTWICKLUNG





# UNGEWISSHEITEN

# 04



# UNGEWISSHEITEN

- Ungewissheit ist ein **Mangel an Gewissheit und/oder Informationen** zur Beschreibung des Systems und somit zur Einschätzung möglicher (negativer) Konsequenzen
- Ungewissheiten können sowohl durch **fehlendes Wissen**, als auch durch **natürliche Variabilität** entstehen (epistemische und aleatorische Ungewissheiten)

Kategorisierung nach verschiedenen Ursachen:

Modellungswissheiten

Szenarienungewissheiten

Daten- und  
Parameterungewissheiten

Methodische Ungewissheiten

# HERANGEHENSWEISE ZUR BEWERTUNG VON UNMGEWISSHEITEN (§ 11 EndlSiUntV)

## Systematische Dokumentation

Systematische **Identifikation** und **Ausweisung** der bestehenden Ungewissheiten

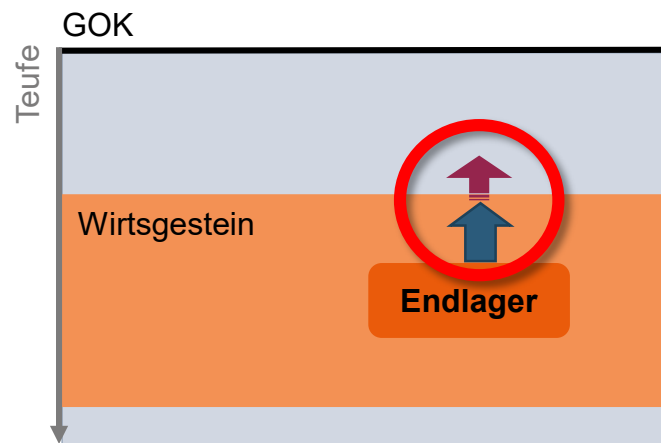
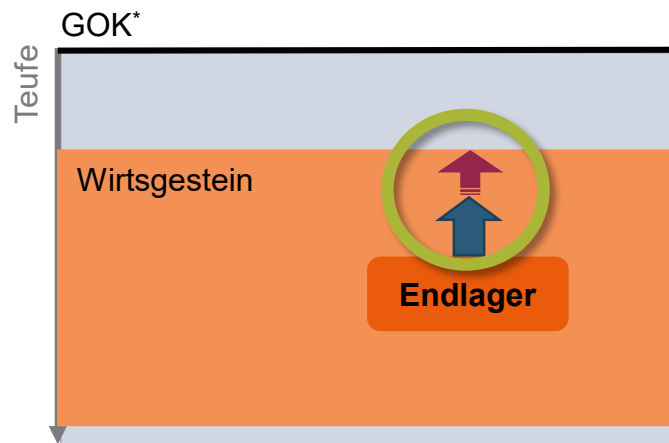
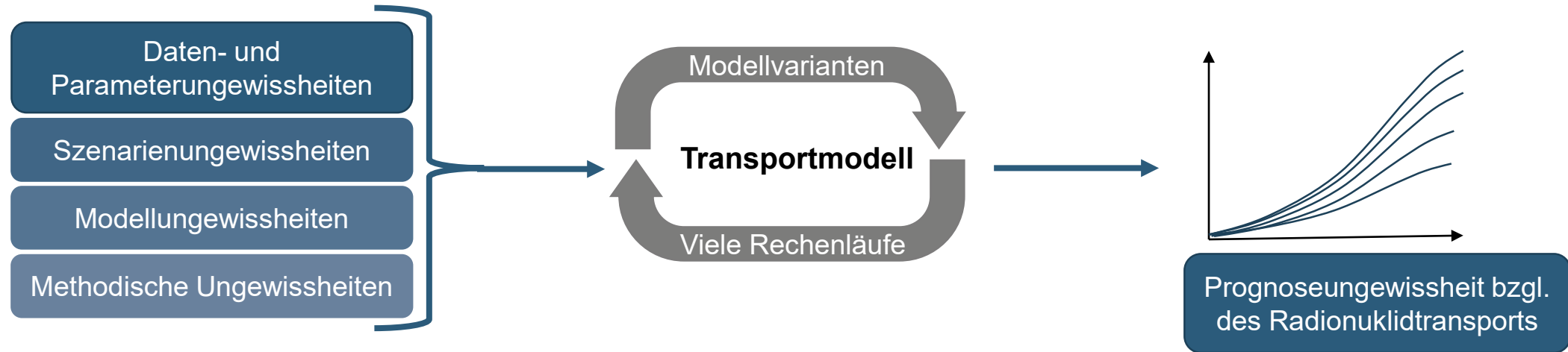
**Charakterisierung** und **Kategorisierung** der bestehenden Ungewissheiten



Beschreibung des **Umgangs** mit den identifizierten Ungewissheiten

Beschreibung der **Auswirkungen** der bestehenden Ungewissheiten, insbesondere hinsichtlich der Sicherheit des Endlagersystems

Abschätzung des **Einflusses** weiterer **Erkundungs-, Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen** auf die identifizierten Ungewissheiten

# AUSWIRKUNGEN VON UNGEWISSHEITEN



-  Radionuklidtransport über den Bewertungszeitraum
-  Ungewissheit bezüglich des Radionuklidtransports

Quelle: BGE



# UNGEWISSHEITEN UND ROBUSTHEIT (URS)

## Ungewissheiten und Robustheit mit Blick auf die Sicherheit eines Endlagers für HAW \*

**Projektpartner:** Siehe nachfolgende Folie

**Volumen:** Ca. 6 Mio. €

### Projektbeschreibung:

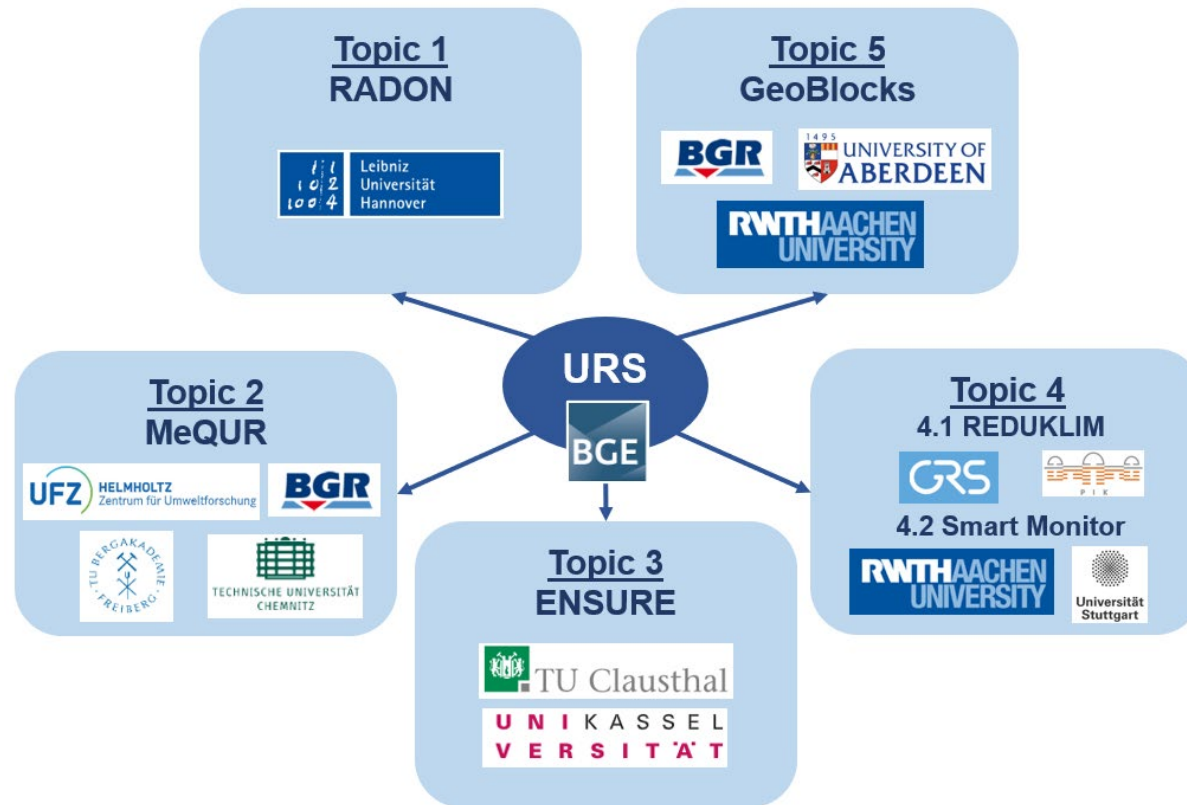
- Gemäß § 11 EndlSiUntV müssen Ungewissheiten bewertet werden.
- In einem Forschungscluster, bestehend aus sechs Forschungsverbänden sollen
  - unterschiedliche Themen hinsichtlich Ungewissheiten anhand verschiedener Fragestellungen untersucht werden, um die Robustheit und damit die Sicherheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle zu verbessern.
- Dabei wird nicht nur auf dem Stand der Forschung gearbeitet, sondern dieser auch weiter vorangetrieben
  - im Zuge des Projektes werden durch die Einbindung von Doktorand+innen mehrere Promotionen erwartet.



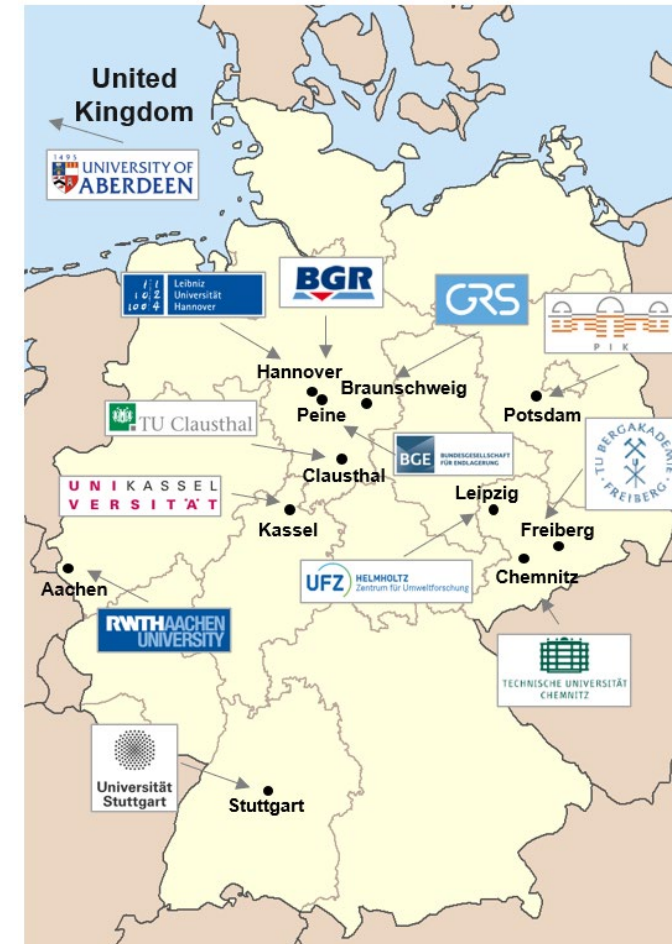
Quelle: <https://urs.ifgt.tu-freiberg.de/en/home>

# UNGEWISSHEITEN UND ROBUSTHEIT (URS)

## Ungewissheiten und Robustheit mit Blick auf die Sicherheit eines Endlagers für HAW



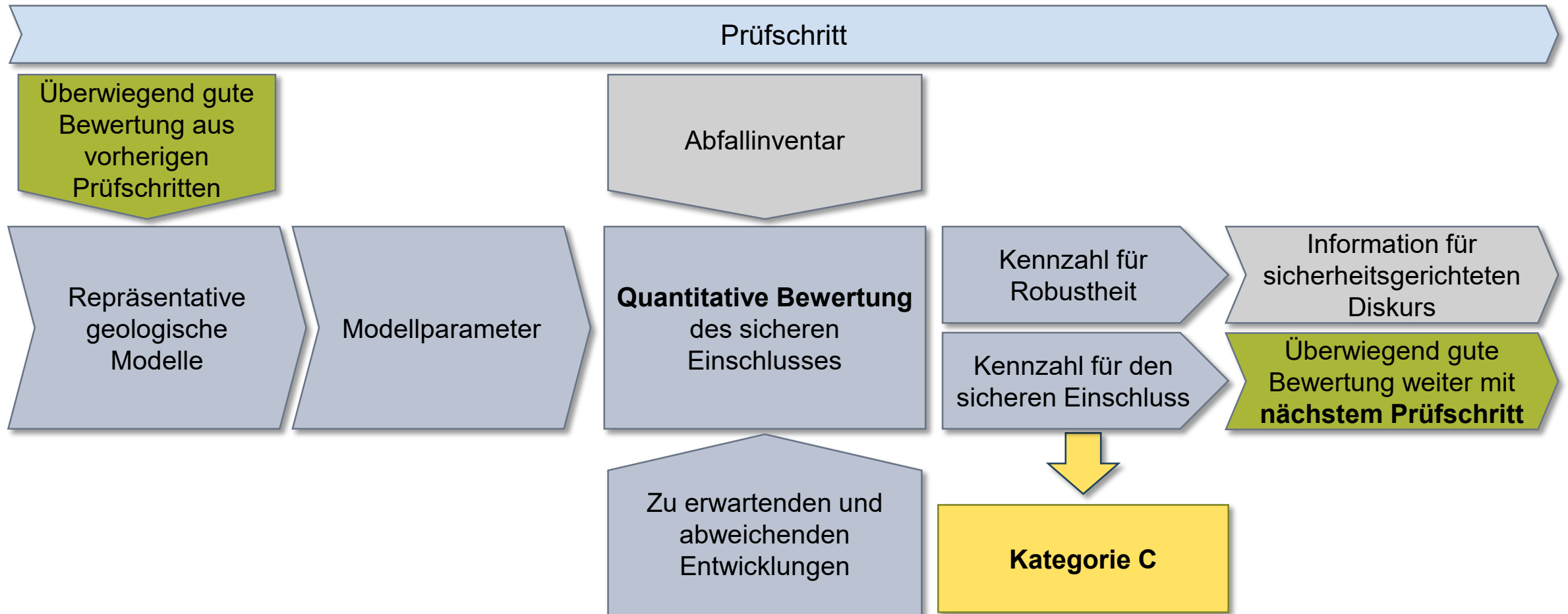
Quelle: <https://urs.ifgt.tu-freiberg.de/en/home>



Quelle: <https://urs.ifgt.tu-freiberg.de/en/home>

# RECHENMODELLE

## Prüfschritt Quantitative Bewertung – Übersicht



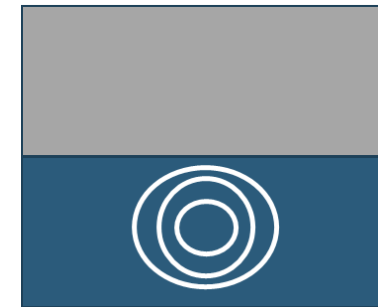
# RECHENMODELLE

## Prüfschritt Quantitative Bewertung – Anforderungen

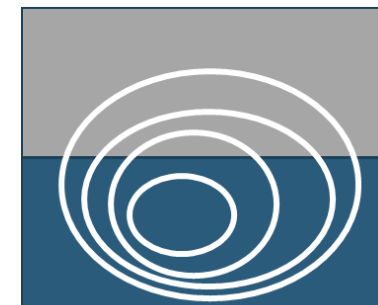
- § 4 Abs. 5 EndlSiAnfV\* legt für die zu erwartenden Entwicklungen **Grenzwerte** für den **Massen- und Stoffmengenausstrag** aus dem Bereich der wesentlichen Barrieren fest
- Für die zu erwartenden Entwicklungen ist gemäß § 4 Abs. 5 EndlSiAnfV zu prüfen und darzustellen, dass:

- (1) insgesamt höchstens ein Anteil von  $10^{-4}$  und
- (2) jährlich höchstens ein Anteil von  $10^{-9}$

sowohl der **Masse** als auch der **Anzahl** der Atome aller ursprünglich eingelagerten Radionuklide aus dem Bereich der wesentlichen Barrieren ausgetragen wird.



§ 4 Abs. 5 EndlSiAnfV  
Massen- und  
Stoffmengenausstrag  
für zu erwartende  
Entwicklungen erfüllt



§ 4 Abs. 5 EndlSiAnfV  
Massen- und  
Stoffmengenausstrag  
für zu erwartende  
Entwicklungen nicht  
erfüllt



The image features three distinct mineral specimens resting on a reflective surface. The specimen on the left is a dark, rectangular block with a rough, porous texture. The central specimen is a large, clear, faceted crystal with a complex, multi-faceted structure. The specimen on the right is a dark, angular rock fragment with a rough, crystalline surface. The background is a solid, light blue color.

# WEITERE ASPEKTE

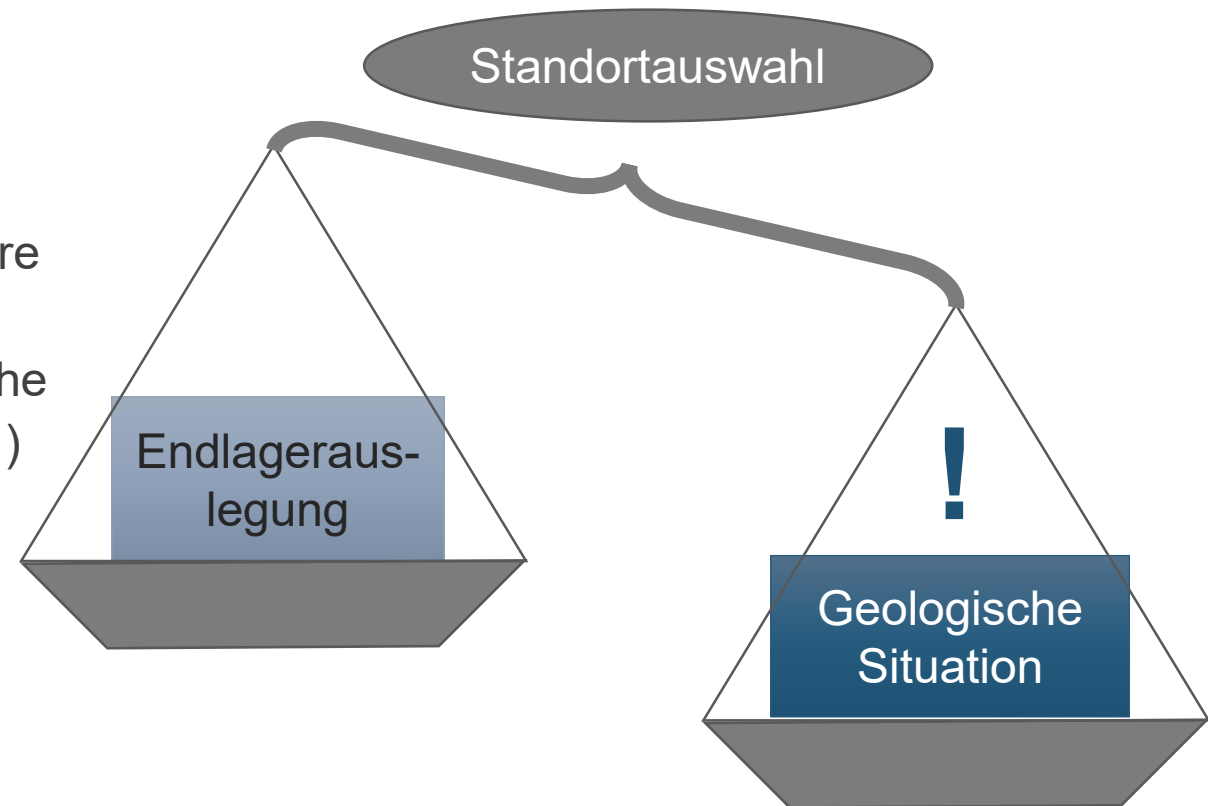
# 05

# WEITERE ASPEKTE

- Betriebssicherheit
  - Darstellung der grundsätzlichen Möglichkeit eines sicheren Betriebs
  - Keine vollständige betriebliche Sicherheitsanalyse
  - Arbeitsschutz, Bergrecht, Brandschutz, Strahlenschutz, Freisetzung radioaktiver Stoffe
  - Katalog: Mögliche Einwirkungen und Maßnahmen zur Erfüllung der Betriebssicherheit
  - Bewertung der Robustheit der Betriebssicherheit → eine Grundlage für sicherheitsgerichteten Diskurs
  
- Zusätzliche Endlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen
  - Am gleichen Standort eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle
  - Bestmögliche Sicherheit des Standortes muss gewährleistet bleiben
  - Beurteilung der Möglichkeit aktuell anhand des Volumens des potentiellen Wirtsgesteins

# NATUR ODER TECHNIK?

- Endlagerauslegung spielt früh eine wichtige Rolle
  - ➔ Vorläufige Auslegung des Endlagers gemäß § 6 Abs. 4 EndlSiUntV bereits in den rvSU notwendig
- Geologie (Ton, Salz, Kristallin) ist wesentliche Barriere zum Erreichen des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle und wird ergänzt durch technische und geotechnische Barrieren (Endlagersystem Typ 1)
- Besondere Herausforderung bei der Endlagerauslegung gemäß Endlagersystem Typ 2
  - Kristallin ohne ewG\*
  - Technische und geotechnische Barrieren sorgen im Wesentlichen für den sicheren Einschluss



Quelle: BGE

# VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT! SIE WOLLEN NOCH EINMAL NACHLESEN?



- [Die interaktive Einführung zur Erstellung des Zwischenberichts und zu allen Kriterien und Anforderungen](#)
- [Ihre Fragen und unsere Antworten](#)
- [Den Zwischenbericht Teilgebiete mit allen Unterlagen und Anlagen](#)
- [Eine eigene Seite zu jedem Teilgebiet](#)
- [Eine interaktive Karte mit allen Teilgebieten und den ausgeschlossenen Gebieten](#)
- [Steckbriefe für die Gebiete zur Methodenentwicklung](#)

Kontakt: [dialog@bge.de](mailto:dialog@bge.de)

**[www.bge.de](http://www.bge.de)**  
[www.einblicke.de](http://www.einblicke.de)







**BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG**

**PD DR. WOLFRAM RÜHAAK**  
Abteilungsleitung STA-SU

Eschenstraße 55 | 31224 Peine

**[www.bge.de](http://www.bge.de)**  
**[www.einblicke.de](http://www.einblicke.de)**



**@die\_BGE**